

◇大塚奨学金による研究報告 (昭和 51 年度)

特別摂動の数値計算

中 野 主 一*

昭和 51 年度の大塚奨学金を拝受し、上記の研究項目にて、天体掃索部 (当時) の古川麒一郎先生のご指導を受け、昭和 51 年 11 月より 52 年 9 月までの期間、東京天文台天体掃索部に内地留学させていただき、上記の研究を行ないましたので、その概要を報告いたします。

この研究は「摂動計算において、積分間隔の変更による数値積分の積算誤差を調べる」ことが主な目的である。摂動計算は Cowell の方法をもちい、積分方法は Stirling の公式を使用した。演算の精度は 10^{-14} であり、階差は第 9 次差までとった。惑星の座標は便宜上、P. K. Seidelman (A. J. 79, 58) らによる平均要素を使用し、計算には水星から冥王星までの摂動を加算してある。なおこの平均要素による木星の天体暦と比較した精度は、小数点以下 3 桁程度で、この差は木星に 0.3 AU まで接近した彗星で近日点通過時刻に 0.1 日程度の差を生じる。計算機は天文台の FACOM 230-58 を使用し、プログラム言語は PL/I を使用した。

I. 積分間隔と積算誤差

太陽の近くに近日点をもつ彗星の軌道を積分する時、Cowell の方法における太陽項が大きくなっていく。そのため近日点距離 (q) の小さい彗星については、積分間隔を小さくする必要が生じてくる。ここでは彗星が一公転する間、積分間隔を一定とし q によってどの程度の積分間隔をとる必要があるのか、更にその時の演算時間はどの程度になるのかを調べてみた。積算誤差はもちろん離心率 (e) つまり軌道の丸さかげんによっても影響を受けるが、なるべく同じ程度の彗星をえらぶことによって、この影響は除外視した。

積算誤差を調べる方法は、たとえば 1970 年の軌道要素 (E_{1970}) から 1976 年の予報要素 (E_{1976}) を計算し、この予報要素をもちいて 1970 年の軌道要素 (E'_{1970}) を計算してこの差 $E_{1970} - E'_{1970}$ を比較した。計算は $q=1.0, 1.6, 2.0$ AU の彗星について行ない、積算誤差の影響を受けやすい ΔT ($\text{abs}(T_{1970} - T'_{1970})$) について比較した。所で軌道を Link したり、Definitive Orbit を計算するためには、少なくとも ΔT の積算誤差を 1×10^{-5} 日以下におさえない。この領域を確保するためには、 $q=1.0$ AU の彗星では積分間隔は 4 日 (周期 (P) 6.5 年の彗星で約 600 ステップ) 以下が望ましい、 $q=1.6$ AU の彗星では 10 日 (約 250 ステップ) 以下、そして $q=2.4$ AU の

彗星になると余り小さい積分間隔は、かえって積算誤差を増し積分間隔は 10 日付近が一番良い結果が得られた。おおまかにみて積分間隔を 2~4 日ととれば $q > 1.0$ AU の彗星について、 ΔT の積算誤差は 1×10^{-5} 日以下におさえられる。また 4 日の積分間隔で木星に 0.6 AU まで接近しても 1×10^{-4} の桁は十分確保できていた。

II. 演算時間の比較

周期 6.5 年として $q=1.0, 1.6, 2.4$ AU の彗星の一公転を計算するために必要な演算時間は、積分間隔が 4 日より小さい時には、 q の大小によって大きく異なるが、それ以上の積分間隔では q の大小にかかわらず、ほとんど同じという結果が得られた。たとえば積分間隔を 4 日とした場合、一公転を計算するために必要な演算時間は約 30 秒であった。

III. Cowell の方法での n 体積分の実行

上記のプログラムを n 体積分ができるように変更し惑星の座標の計算を行なった。

a. 外惑星の座標の計算

$n=5$. 積分間隔を 40 日とし Eckert, Brouwer, Clemence (Astr. Papers Wash., XII) の初期値をもちい、1653 年から 2060 年までの座標を計算し彼等の値と比較した。その結果発表されている最終桁、小数点以下 9 桁目まで差がなかった。この実行時間は 100 年 (約 900 ステップ) で約 120 秒であった。

b. 9 惑星の座標の計算

次に $n=9$. 積分間隔を 0.5 日とし Lieske (Technical Report 32-1206, JPL) の初期値をもちいて全惑星の座標を計算した。この実行時間は 100 年 (73000 ステップ) で約 360 分であった。なおこの種の計算に Schubart-Stumff の方法をもちいるならば、外惑星の実行時間は 100 年で約 30 秒、9 惑星で約 90 分であろう。

IV. 周期彗星の回帰予報の計算

1960 年以後に出現があった全ての周期彗星 66 個の予報を上記 I のプログラムで計算した。この予報は平均要素から計算した惑星の座標を使用しているため T の精度は ± 0.02 日より大きくなっている。(表は省略)

末筆ながら一週間に一日以上も貴重な研究時間をさいていただいた古川先生、及び多くのご指導をいただいた諸先生がたに感謝いたします。

* Syuichi Nakano